

I - B185 RC 梁の三次元弾塑性衝撃応答解析

西松建設 正 員 山 内 昌 昭
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳 光
 三井建設 正 員 三 上 浩
 室蘭工業大学 正 員 小 室 雅 人

1. はじめに

本論文は、RC 部材の簡易な弾塑性衝撃応答解析手法を確立することを目的として、断面寸法の異なる RC 梁についての重錘落下による弾塑性応答解析を試み、実験結果と比較することによって本解析手法の適用性について検討を行った。本研究では、著者等が過去に重錘落下衝撃実験を行った RC 梁を対象として、主に応答変位波形に着目して検討を行っている。なお、本数値解析では、より単純な構成則を用いた場合の RC 梁の衝撃挙動解析への弾塑性衝撃応答解析手法の妥当性を検討することを前提としているため、塑性化によるエネルギー吸収や質量に比例する減衰効果は考慮しているが、コンクリートあるいは鉄筋の歪速度効果等は無視している。また、数値解析は三次元衝撃応答解析汎用コード LS-DYNA3D を用いて行った。

2. 実験概要

本数値解析で対象とした RC 梁は、図-1に示すような断面寸法の異なる 3 タイプの複鉄筋矩形梁である。実験では支点部のリバウンドを防止するために、RC 梁の両端面から 25 cm の位置で鋼製の治具を用いて梁の上下を固定している。治具全体は RC 梁の回転を許容し、ピン支持に近い構造となっている。衝撃荷重は RC 梁のスパン中央部に重量 200 kgf、直径 15 cm の重錘を所定の高さから自由落下させることによって載荷している。本数値解析に用いた試験体は表-1に示されているような断面寸法および補強筋比の異なる 6 ケースである。なお実験時のコンクリートの力学的特性は、試験体 A-19, B-19, C-19 では圧縮強度 $f'_c = 284 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_c = 0.19$ で、試験体 A-22, B-13, C-13 では圧縮強度 $f'_c = 252 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_c = 0.20$ である。

3. 解析仮定

3.1. RC梁のモデル化

本数値解析で用いた LS-DYNA3D は、衝突時の速度を衝突体を与えることにより衝突体と被衝突体の一体解析が可能である。ここでは、図-1に示すように RC 梁が二軸対称であることより、支点の境界条件を実験状態に合わせて跳ね上がり防止用の治具を介してピン支持とし、自由端部を含めた四半分を解析断面と仮定した。図-2には、解析ケース A-19 における全体の要素分割状況を示している。本数値解析では、コンクリート、補強筋、重錘および治具の要素には三次元固体要素を用いている。また、スターラップ ($\phi 6$) は剛性、断面積および重量が等価な梁要素にモデル化している。全要素数、全節点数は各ケースにより多少異なるが、解析ケース A-19 でそれぞれ 4272, 5390 である。

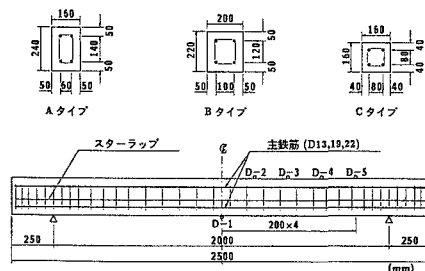


図-1 供試体の形状寸法と配筋および測定位置

表-1 解析ケースの一覧

解析ケース	断面タイプ	補強筋 径	補強筋 本数	補強筋比 (%)	載荷速度 (m/sec)
A-19	A	D19	2	1.88	6
A-22	A	D22	2	2.55	6
B-13	B	D13	2	0.75	5
B-19	B	D19	2	1.69	6
C-13	C	D13	2	1.32	4
C-19	C	D19	2	2.98	5

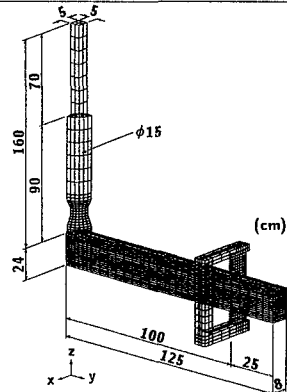


図-2 要素分割図

キーワード：衝撃、弾塑性応答解析、RC梁、重錘落下衝撃

連絡先：〒050 室蘭市水元町 27-1, 室蘭工業大学, Tel 0143-47-3168, Fax 0143-47-3169

3.2. 物性モデル

本数値解析では、コンクリートや鉄筋に対する弾塑性体モデルとして LS-DYNA3D にあらかじめ組み込まれているモデルを用いることとした。コンクリート要素には引張による破壊を考慮した土質体・クラッシュモデルを用いている。このモデルは、圧力がカットオフ値に達すると要素が破壊したとみなされ引張応力が伝達されない。また、降伏の判定は Von Mises の降伏条件に従うものとしている。異形鉄筋の要素は、降伏後の硬化係数 H' を考慮した等方弾塑性体モデルを用いて評価している。数値解析に用いたコンクリートおよび異形鉄筋の応力-歪曲線を図-3 に示している。コンクリートは材料試験結果に基づき、0.2% 歪時の応力を降伏応力とし、0.15% 歪に達した状態で降伏するものと仮定してバイリニア型にモデル化した。また、引張側のカットオフ値は圧縮強度の $1/10$ と仮定した。異形鉄筋は公称の材料定数（弾性係数 $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 $\nu_s = 0.3$ ）を用いることとした。

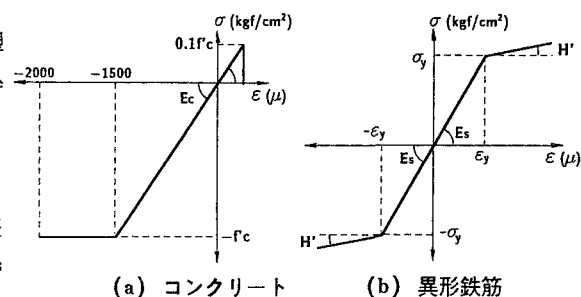


図-3 数値解析に用いた応力-歪曲線

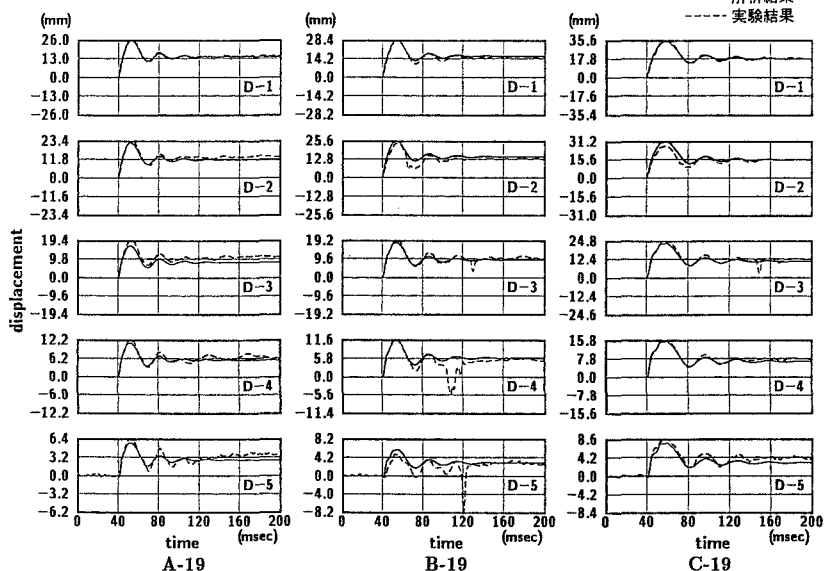


図-4 応答変位波形に関する数値解析結果と実験結果の比較

4. 数値解析結果と実験結果の比較

図-4 は硬化係数を $H' = E_s/12$ 、減衰定数を $h = 0.05$ とした場合の RC 梁の各測定点における応答変位波形について数値解析結果と実験結果を比較して示している。なお、紙面の都合上、本研究で対象とした全ケースのうち A-19, B-19, C-19 についてのみを示している。図より、解析ケース A-19, C-19 では数値解析結果は実験結果より若干過小評価しているが、解析ケース B-19 では数値解析結果は実験結果より若干過大評価していることがわかる。しかしながら、いずれのケースにおいても数値解析結果は波動の立ち上がりから除荷時の復元状態および残留変位まで、実験結果とよく対応しており、類似した応答性状を示していることがわかる。従って、本解析手法は断面寸法の異なる RC 梁に対しても十分適用可能であるものと判断される。

5. まとめ

本研究では、RC 梁のより単純な構成則を用いて弾塑性衝撃応答解析法を確立することを目的として、重錘落下による衝撃荷重載荷時の断面寸法の異なる 6 ケースの RC 梁に関する弾塑性衝撃応答解析を試み、実験結果と比較することによって解析手法の適用性について検討を行った。本研究では、特に RC 梁の各測定点における応答変位波形に着目して検討を行った。数値解析は三次元衝撃応答解析用汎用コード LS-DYNA3D を用いて行った。本研究において対象とした 3 タイプ 6 種類の数値解析結果より、本解析手法は大略実験結果の変位挙動、最大応答変位および残留変位等を算定評価できることが明らかになった。